

II-459

嫌気性消化プロセスによる汚泥処理の高効率化

— 前処理法としての余剰汚泥の超音波処理 —

北海道大学工学部 正 員 清水達雄

学生員 ○小林宏典

正 員 那須義和

1. はじめに 嫌気性消化プロセスを用いて、余剰汚泥のような固形有機物を処理する場合、熱処理や超音波処理などの前処理を行い、可溶化した汚泥を消化槽へ投入することによって、処理効率を大幅に改善できることが明らかにされている。本研究では超音波処理による余剰汚泥の可溶化に関して速度論的知見を得るとともに、微生物に対して死滅・溶菌作用があると言われている界面活性剤の添加による生体成分溶出促進効果について検討し、2～3の知見を得たので報告する。

2. 実験方法 余剰汚泥の可溶化は超音波発生器（発振周波数20kHz）を用いて、出力100Wの条件で、200mlの濃縮余剰汚泥（MLVSS濃度≒15000mg/l）を処理し、細胞壁を破壊することによって行った。処理温度はドライアイスあるいは水で、冷却することによって20～25℃に保持した。汚泥の可溶化率は15000rpmで5分間遠心分離した時の上澄液中の有機物を溶解性有機成分として、上澄液中の有機物濃度/初発余剰汚泥中の有機物濃度×100に基づいて求めた。また可溶化汚泥の嫌気性消化による分解特性に関しては余剰汚泥で十分馴養した消化汚泥を用いて、回分実験によって明らかにした。

3. 実験結果および考察

3.1 超音波処理による菌体成分の可溶化 細菌にはグラム陰性菌とグラム陽性菌とが存在するが、それらの細胞壁の構造は異なっている。したがって細菌種が異なると、超音波処理による細胞壁の破壊効果も異なるものと考えられる。図-1はグラム陰性菌である *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* とグラム陽性菌である *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus* および余剰汚泥の超音波処理による細胞内成分の溶出について検討した結果である。グラム陰性菌はグラム陽性菌に比して、可溶化が容易であることが明らかになった。また超音波処理による微生物菌体の細胞壁破壊による可溶化は一次反応速度式で表現できた。

すなわち $d([PS] - [PS_i]) / dt = -k([PS] - [PS_i])$

ここで $[PS]$; 固形有機物濃度 $[PS_i]$; 可溶化が不可能な固形有機物濃度

上式に基づいて求められた超音波処理による微生物菌体の可溶化速度定数と最大可溶化率を表-1に示す。グラム陰性菌はグラム陽性菌に比して、可溶化速度定数、最大可溶化率ともにグラム陽性菌よりも大きく、超音波処理によって細胞壁が破壊され易いことが明らかになった。グラム陽性菌が破壊され難いのは、その細胞壁が多重層の厚いペプチドグルカン層で構成されているためと考えられた。また種々のグラム陰性菌およびグラム陽性菌で構成されている余剰汚泥の可溶化に関する速度定数は両者の中間の値であった。

3.2 可溶化におよぼす界面活性剤添加の効果 細胞壁を透過した界面活性剤が細胞膜を構成する脂質分子層（疎水性領域）に「くさび」のように割り込み、

細胞膜の構造が変化し、生体内成分が溶出することによって、微生物が溶菌・死滅することが報告されている。このような作用がある界面活性剤の添加が超音波処理による余剰汚泥の可溶化に対する効率改善に有効であるかどうかを実験的に検討した。界面活性剤として Tween80 を用いて検討した結果を図-2に示す。Tween80 の添加

表-1 微生物菌体の可溶化速度定数

	1次反応速度定数 k 1/min	最大可溶化率 %
<i>E. coli</i>	0.054	72
<i>Pseudomonas</i>	0.052	80
<i>Bacillus</i>	0.038	52
<i>Micrococcus</i>	0.028	54
余剰汚泥	0.036	70

は最大可溶化率にはあまり影響しないが、可溶化速度を増加させることが判明した。Tween80 添加濃度と可溶化速度定数 k との関係を求めた結果から、極めて低濃度（0.001～0.05%）の Tween80 の添加によっても可溶化速度が増大することおよび添加濃度が増加すると k の値が大きくなることが明らかになった。

3.3 余剰汚泥の嫌気性消化効率におよぼす可溶化の効果

種々のレベルまで可溶化した余剰汚泥を消化槽に投入して、汚泥の消化に対する可溶化の効果について検討した。図-3は超音波処理および無処理汚泥を回分系を用いて消化したときの総有機酸濃度（生成される種々の有機酸濃度を TOC 換算して加えることによって得られる値）の経時変化を示している。前処理での汚泥の可溶化率の増加に伴い、有機酸の生成速度および蓄積量が増大することが明らかになった。無処理の余剰汚泥では消化過程において、細胞内成分の溶出が律速するために可溶化汚泥に比して有機酸生成速度は極めて小さかった。また可溶化率の増加に伴い、ガス発生速度および生成量も増加した。

3.4 嫌気性消化におよぼす Tween80 の影響

Tween80 を添加することによって、余剰汚泥の超音波処理効率を改善できることを明らかにしたが、実際に Tween80 を加えて可溶化した汚泥を嫌気性消化する場合に、Tween80 の嫌気性消化への影響を明らかにしておく必要がある。図-4は種々の濃度の Tween80 を加えて、40～50%程度に可溶化した余剰汚泥を投入して、回分消化実験を行った結果を示している。総有機酸の蓄積濃度の経時変化は同じ傾向を示していることから、消化槽内の Tween80 濃度が 500 mg/l 以下では嫌気性消化による有機酸生成に対して負の影響がないことが明らかになった。またメタンガス生成に対しても影響はなかった。

4. おわりに

超音波処理による余剰汚泥の可溶化に対する効率改善に、極めて低濃度の Tween80 の添加が有効であった。また低濃度の Tween80 は嫌気性消化反応に対して負の影響はなかった。汚泥の前処理法として検討されている熱処理や機械的衝撃による可溶化プロセスに、微量の界面活性剤を添加すると、可溶化効率が改善できると考えられる。

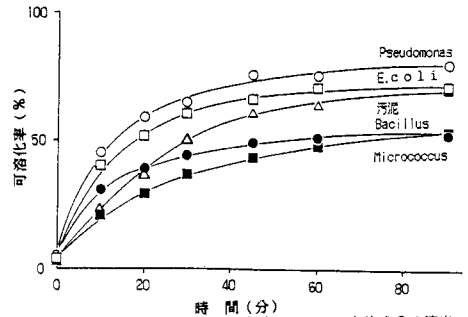


図-1 各種微生物団体の超音波処理による生体成分の溶出

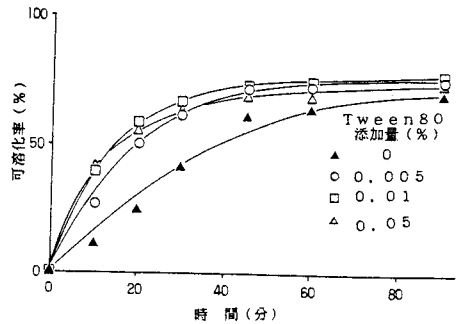


図-2 可溶化に及ぼす Tween 80 添加の効果

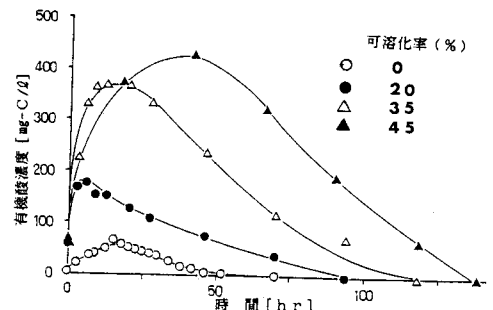


図-3 有機酸生成に及ぼす可溶化の効果

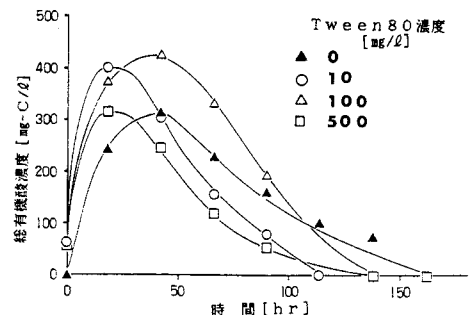


図-4 有機酸生成に及ぼす Tween 80 の影響